

REVISIÓN

Consejos prácticos para la prescripción de nutrición parenteral pediátrica

A. Moráis López¹, R.A. Lama More², R. Galera Martínez³

¹Unidad de Nutrición Infantil y Enfermedades Metabólicas. Hospital Universitario «La Paz». Madrid.

²Gastroenterología y Nutrición. Centro Médico D-Medical. Madrid. ³Unidad de Gastroenterología y Nutrición. Servicio de Pediatría. Complejo Hospitalario Torrecárdenas. Almería

Resumen

La nutrición parenteral es una técnica ampliamente extendida en pediatría. Su prescripción debe realizarse teniendo en cuenta las particularidades del niño enfermo en diversos aspectos: requerimientos energéticos, hidroelectrolíticos y de macro/micronutrientes, utilización metabólica de los nutrientes, capacidad de las vías de infusión, etc. El cálculo sistematizado ayudará a prevenir errores y evitar complicaciones. En el presente artículo se revisan las recomendaciones internacionales de macro/micronutrientes para la nutrición parenteral pediátrica y se repasan diversas cuestiones prácticas que resultan de ayuda para el clínico, como el cálculo del aporte energético, las proporciones entre macronutrientes para procurar el mejor rendimiento, los aspectos sobre seguridad y el aporte proporcionado de micronutrientes, entre otras.

©2016 Ediciones Mayo, S.A. Todos los derechos reservados.

Palabras clave

Nutrición parenteral, prescripción, niño, lactante

Abstract

Title: Practical advice for prescribing pediatric parenteral nutrition

Parenteral nutrition (PN) is a widely-used therapeutic option in pediatrics. When prescribing PN, clinicians must pay particular attention to specific characteristics of the pediatric patient regarding energy requirements, metabolic use of nutrients, venous access, etc. Systematized prescription will help to avoid miscalculations and prevent adverse events. This paper reviews international recommendations for PN prescribing and gathers advice on useful practical issues, e.g. calculation of energy intake, precise proportions between macronutrients, security issues, and other.

©2016 Ediciones Mayo, S.A. All rights reserved.

Keywords

Parenteral nutrition, prescription, child, infant

Introducción

La nutrición parenteral (NP) es una modalidad de soporte nutricional cada vez más utilizada en pediatría, y ha llegado incluso a formar parte de las técnicas terapéuticas aplicables en el domicilio del paciente. Sin embargo, las recomendaciones nutricionales generales para la población general (niño sano que come normal) deben ser interpretadas con precaución en el caso del niño enfermo receptor de NP. En el entorno hospitalario, el receptor de NP se encuentra habitualmente en una situación clínica relativamente grave y que ha dado lugar, de forma más o menos directa, a un rendimiento inadecuado del tracto gastrointestinal. Por ello, a la hora de prescribir NP en un niño, se deben tener en cuenta varios aspectos importantes:

- La NP debe proveer al paciente de una cantidad adecuada de líquidos, energía y nutrientes. En este caso, «adecuada» se refiere a ajustada a los requerimientos y la tolerancia del niño en el momento concreto en que necesita la NP. Algunos

factores, como la enfermedad de base, el reposo, la administración de otros tratamientos, etc., pueden cambiar las necesidades con respecto a las del niño sano. Es importante hacer una estimación individual de tales necesidades, especialmente en niños con NP prolongada y domiciliaria, para evitar efectos indeseados que influyan negativamente en la evolución.

- La utilización de los nutrientes no es igual si su administración se realiza por vía digestiva o por vía parenteral. Ciertos aspectos, como los ciclos de ayuno-saciedad, determinadas respuestas endocrinológicas, la llegada inmediata de nutrientes al hígado por vía portal y su posterior almacenamiento o distribución, etc., son característicos de la alimentación oral habitual, y cambian sustancialmente con la NP. La duración del soporte, su horario y velocidad de administración y su posible combinación con nutrición enteral u oral son factores que el clínico siempre debe tener presentes para optimizar el aprovechamiento metabólico y la tolerancia de la NP.

Fecha de recepción: 6/10/15. Fecha de aceptación: 17/11/15.

Correspondencia: A. Moráis López. Unidad de Nutrición Infantil y Enfermedades Metabólicas. Hospital Universitario La Paz. Paseo de la Castellana, 261. 28046 Madrid. Correo electrónico: morais.lopez@salud.madrid.org

TABLA 1

Cálculo del gasto energético basal mediante ecuaciones predictivas

	0-3 años	3-10 años	10-18 años
<i>Ecuaciones de Schofield (kcal/24 h)³</i>			
Niños	0,167P + 1.517,4T - 617,6	19,6P + 130,3T + 414,9	16,25P + 137,2T + 515,5
Niñas	16,25P + 1.023,2T - 413,5	16,97P + 161,8T + 371,2	8,365P + 465T + 200
<i>Ecuaciones de la OMS (kcal/24 h)⁴</i>			
Niños	60,9P - 54	22,7P + 495	17,5P + 651
Niñas	61P - 51	22,5P + 499	12,2P + 746

T: talla (cm); P: peso (kg).

Realizar el cálculo de los aportes de forma sistematizada, valorando la NP como un conjunto armónico de nutrientes y no sólo como un listado de sustancias para introducir en un envase, ayudará a evitar errores y complicaciones. A continuación se revisan diversos aspectos de utilidad en la prescripción de la NP pediátrica, desde el cálculo de los macronutrientes de forma práctica hasta algunos consejos sobre seguridad.

Macronutrientes

Energía

En la práctica clínica se asume que el organismo oxida nutrientes en función de la energía que necesita obtener para sus funciones. Por tanto, si podemos medir o calcular la oxidación de nutrientes de un paciente (su gasto energético), podremos estimar la cantidad de energía que necesita¹. El gasto energético total (GET) se compone de²:

- Gasto energético basal (GEB). Es el gasto para el mantenimiento de las funciones vitales; por ello, es el aporte que todo soporte nutricional (enteral o parenteral) debería cubrir como mínimo en cualquier paciente.
- Gasto por enfermedad. Corresponde a las modificaciones del GEB secundarias a un aumento o disminución del metabolismo basal en estado de enfermedad. No está bien determinado en todas las situaciones. Se ha observado, por ejemplo, que en la enfermedad hepática el GEB aumenta un 30%, en la enfermedad renal disminuye un 20%, en la insuficiencia cardiaca aumenta un 20%, en el paciente quemado con heridas ya cubiertas y analgesia apenas se modifica, en el paciente crítico disminuye un 10-20%, etc.
- Termogénesis inducida por la dieta. Es el gasto correspondiente a la digestión, absorción, transporte y utilización de los nutrientes. En la NP es menor que en la nutrición enteral (NE), ya que los nutrientes se aportan en forma elemental y directamente al torrente sanguíneo. Por ello, salvo que el aporte de energía sea excesivo, su contribución al GET en el paciente receptor de NP es mínima.
- Gasto por crecimiento. Su contribución diaria al GET es muy pequeña a partir del primer año, por lo que no se suele tener en cuenta al programar la NP, especialmente si el paciente

recibe también aportes por NE y si la NP se va a administrar durante un tiempo relativamente limitado.

- Gasto por actividad física. Se calcula mediante un factor de corrección aplicado sobre el GEB. En el entorno hospitalario, aunque el paciente pueda levantarse de la cama, este gasto es muy inferior al del paciente ambulatorio o al del niño sano, por lo que habitualmente se aplica un factor de actividad mínimo (aproximadamente de 1,2).

En la práctica clínica diaria, la oxidación de nutrientes puede medirse mediante la realización de una calorimetría indirecta. Si ésta se efectúa en un paciente en reposo, estaremos obteniendo información precisa sobre el GEB, sus posibles modificaciones por la enfermedad, la termogénesis inducida por la dieta (en caso de que la realicemos durante la administración simultánea de sueroterapia con glucosa, NP o NE) y el gasto por crecimiento. Además, resulta de ayuda para conocer cómo realiza el paciente la oxidación de nutrientes una vez instaurada la NP, facilitando la detección precoz de un aporte excesivamente alto o bajo de energía. De no contar con esta técnica, el GEB se puede calcular utilizando las fórmulas publicadas en la bibliografía para el niño sano (especialmente las de Schofield y las de la OMS) (tabla 1)^{3,4}. Si se utilizan estas fórmulas, hay que recordar que puede ser necesario ajustar el valor del GEB por enfermedad o estrés metabólico.

A medida que la situación clínica del paciente se modifica evolutivamente, sus requerimientos también cambian y pueden pasar de una elevación inicial con gran catabolismo proteico a una fase estable donde predomine el anabolismo. Vigilar estos cambios ayudará a evitar o disminuir situaciones de sarcopenia o colestasis, frecuentes en el paciente grave o crónico. Para ello, resulta de gran ayuda la posibilidad de realizar calorimetrías con ciertos intervalos de tiempo en el paciente grave.

Por tanto, en la práctica pueden estimarse los requerimientos energéticos del siguiente modo:

- Gasto en reposo medido por calorimetría × factor de actividad física muy leve (1,2-1,3).
- GEB estimado por fórmulas (y matizado según el estado de enfermedad) × factor de actividad física muy leve. En este caso se obvia el gasto por crecimiento y la termogénesis inducida por la dieta.

TABLA 2

Aporte de aminoácidos en la nutrición parenteral considerado adecuado en la mayor parte de pacientes

Edad	g/kg/día
Prematuro	1,5-4
Recién nacido a término	1,5-3
2 meses-3 años	1,0-2,5
3-18 años	1,0-2

Adaptada de la ESPGHAN, 2005⁶.

En niños con NP domiciliaria, y siempre que sea posible, es aconsejable intentar administrar el GEB con la NP, y el resto de requerimientos por vía oral o enteral. En este caso, los requerimientos añadidos al GEB (actividad física, crecimiento...) se monitorizarán con la valoración del crecimiento y la composición corporal y se irán ajustando de forma más sencilla sin necesidad de cambiar frecuentemente la formulación de la NP.

Por último, no debemos olvidar que en el recuento total se deben considerar las pérdidas extraordinarias de nutrientes, si las hubiera.

Aminoácidos

Aportan 4 kcal/g, y su administración debe garantizar la síntesis proteica. En condiciones normales, las proteínas no se destinan de forma preferente a la oxidación para obtener energía libre (para eso se usan las calorías no proteicas, los hidratos de carbono y los lípidos), sino que tienen una función plástica, es decir, se utilizan como componentes estructurales de nuevas proteínas corporales y tejidos⁵. No obstante, en los momentos de estrés metabólico hay un catabolismo proteico obligado que conlleva un aumento en las pérdidas de nitrógeno basales. Si es posible, esta pérdida debe intentar neutralizarse a través del aporte de proteínas a lo largo de los días. Las recomendaciones para el aporte proteico en NP se indican en la tabla 2⁶.

La cantidad de nitrógeno aportada por los aminoácidos de la NP depende de la fuente empleada. En las soluciones utilizadas más habitualmente en pediatría, 1 g de nitrógeno está contenido en 6,7 g de aminoácidos, aproximadamente. Conviene recordar que el aporte de nitrógeno mínimo necesario para promover el anabolismo es de 200 mg/kg/día (aproximadamente 1,25 g/kg/día de proteínas).

Aporte de proteínas y aporte de calorías: la importancia de guardar una proporción adecuada

Vigilar la relación entre las calorías no proteicas (aportadas por hidratos de carbono y lípidos) y los gramos de nitrógeno aportados por las proteínas es un modo de comprobar en qué medida las proteínas que recibe el paciente van a ser utilizadas para el anabolismo (síntesis de nuevas proteínas y tejidos)⁷. Así, podemos describir diferentes escenarios:

- Aporte de proteínas teóricamente adecuado para el peso del paciente, pero una cantidad insuficiente de calorías no proteicas. En este caso no habrá suficiente energía libre para transformar las proteínas en nuevos componentes; habrá un excedente de proteínas que no podrá utilizarse y será excretado como urea. Más aún, es posible que si las calorías no proteicas son insuficientes para cubrir los requerimientos energéticos globales, una parte importante de las proteínas deba destinarse a la obtención de energía y se genere una situación de catabolismo indeseable.
- Aporte de proteínas adecuado, pero una cantidad excesiva de calorías no proteicas. En este caso, el excedente de estas últimas se destinará fundamentalmente a la lipogénesis, pudiendo inducir hiperglucemia, hipertrigliceridemia, esteatosis y colestasis.
- Aporte de calorías adecuado al gasto energético estimado, pero con una proporción de proteínas demasiado alta. Nuevamente habrá un excedente proteico que será obligatorio eliminar en forma de urea. Además, si este aporte de proteínas es excesivo para el peso del paciente, puede inducir un daño hepático a medio plazo.
- Aporte de calorías adecuado al gasto energético estimado, pero con una proporción de proteínas demasiado baja. Al igual que en el segundo supuesto, puede generarse un excedente relativo de calorías no proteicas (ya que no hay suficientes proteínas para transformar) y dar lugar a una situación de lipogénesis.

De todo lo anterior puede deducirse que, aunque se calcule separadamente el aporte de calorías y el aporte de proteínas deseable para el paciente, éstos deben guardar una cierta relación entre ellos para garantizar un aprovechamiento óptimo de la NP y minimizar la posibilidad de yatrogenia. Por tanto, en ocasiones será necesario hacer ligeros ajustes o modificaciones en los cálculos realizados inicialmente para procurar la formulación que más convenga a cada paciente. Concretamente, la relación óptima entre las kilocalorías no proteicas y los gramos de nitrógeno proteico aportados (kcal no proteicas/g de N) se estima en 120-180 para los pacientes pediátricos; probablemente lo más recomendable es mantenerse, si es posible, en 150-180 kcal no proteicas/g de N. Para hacernos una idea de lo que esto significa, se puede expresar de la siguiente manera para facilitar el cálculo:

- En una NP que contenga 120 kcal no proteicas/g de N, las proteínas aportan el 18% de las calorías totales.
- En una NP que contenga 150 kcal no proteicas/g de N, las proteínas aportan el 15% de las calorías totales.
- En una NP que contenga 180 kcal no proteicas/g de N, las proteínas aportan el 13% de las calorías totales.

En algunas situaciones, esta proporción debe matizarse: en pacientes críticos, con estrés metabólico muy intenso o en situación de resistencia a la insulina, la relación debe ser relativamente baja (en torno a 100); unas relaciones más bajas en el niño no garantizan que las proteínas sean utilizadas para el anabolismo. En otras situaciones, como la insuficiencia renal,

se debe procurar una relación relativamente alta para evitar una generación excesiva de urea.

Lípidos

Su aporte mejora el balance nitrogenado. Deben suponer un 35-40% de las kilocalorías no proteicas (un 30-35% del valor calórico total de la fórmula), además de cubrir los requerimientos de ácidos grasos esenciales. Los lípidos administrados por vía parenteral aportan 10 kcal/g, debido a que las emulsiones utilizadas contienen fosfolípidos. Para prevenir la deficiencia de ácidos grasos esenciales, los lactantes prematuros deben recibir un aporte de ácido linoleico de 0,25 g/kg/día, y los lactantes a término y niños mayores de 0,1 g/kg/día.

La oxidación máxima de los lípidos que realiza el organismo depende del aporte de glucosa, entre otros factores. Si el aporte de glucosa es proporcionalmente muy elevado, la oxidación lipídica se verá frenada y, por tanto, la tolerancia será menor. La tolerancia a los lípidos por vía parenteral se puede valorar fundamentalmente a través de los niveles en sangre de triglicéridos (TG) y colesterol total (CT). Con niveles de TG >300 mg/dL se debe disminuir el aporte de lípidos, y con niveles \geq 400 mg/dL deben retirarse temporalmente (\geq 250 en neonatos y lactantes), ya que se produce una saturación de la lipoproteína lipasa⁶. La retirada de lípidos, a su vez, obliga a la reducción del aporte energético y a la disminución de la relación kcal no proteicas/g de N a 100-120 para evitar una sobrecarga de hidratos de carbono.

La infusión de lípidos no debe exceder la capacidad de aclaramiento. Preferiblemente, deben ser infundidos a lo largo de 24 horas, salvo en las situaciones en que se proceda al ciclado de la NP. El aumento en su aporte debe realizarse a un ritmo de 0,5-1 g/kg/día. Se recomienda que el aporte máximo de lípidos no supere los 3-4 g/kg/día en lactantes y 2-3 g/kg/día en niños mayores⁶.

Hidratos de carbono

La glucosa es el único hidrato de carbono que debe utilizarse en NP, y aporta 4 kcal/g (en el caso de la glucosa anhidra). Debe proporcionar un 60-65% de las kilocalorías no proteicas (un 50-55% de las kcal totales de la NP). La velocidad de infusión está condicionada, sobre todo, por la tasa máxima de oxidación (tabla 3)⁶.

El ritmo de inicio está marcado por la tasa endógena de producción de glucosa, que varía desde 8 mg/kg/min (11,5 g/kg/día) en prematuros a 2 mg/kg/min (3 g/kg/día) en adultos.

Si los aportes superan la máxima capacidad de oxidación, se producirán efectos metabólicos indeseables: hiperglucemia con aumento de la lipogénesis, disminución de la quimiotaxis y aumento del riesgo infeccioso, mayor producción de CO₂, aumento del volumen por minuto y disminución de la retención nitrogenada. Los niveles de glucemia deben ser monitorizados en pacientes inestables, en aquellos con riesgo de síndrome de realimentación y cuando se procede al ciclado de la NP. En este último caso la infusión de glucosa no debería ser superior a 1,2 g/kg/h (20 mg/kg/min).

TABLA 3

Velocidad máxima de infusión de glucosa

	Velocidad máxima (g/kg/día)
Según la edad:	
Recién nacidos prematuros	12
Recién nacidos a término-niños hasta los 2 años	18
Según el peso:	
Hasta 3 kg	18
10-15 kg	12-14
15-20 kg	10-12
20-30 kg	<12
Niños >30 kg, adolescentes	<10 (máximo 250 g/día)

Adaptada de la ESPGHAN, 2005⁶.

Micronutrientes

Los oligoelementos y las vitaminas son micronutrientes esenciales y, por tanto, deben estar incluidos en todas las fórmulas de NP. No obstante, ambos elementos pueden reducir su estabilidad. No se aconseja su administración discontinua (intermitente) y su estatus debe ser monitorizado en caso de NP prolongada.

Elementos traza (oligoelementos)

Las recomendaciones para NP pediátrica se recogen en la tabla 4⁶. Generalmente se aportan en forma de preparados que contienen varios minerales, frecuentemente sin hierro. Se recomienda restringir el cobre y el manganeso en los pacientes con colestasis.

Vitaminas

Se clasifican por su solubilidad en agua o en lípidos. Las vitaminas liposolubles deben ser administradas en forma hidrosoluble cuando están excluidos los lípidos de la fórmula de NP. En la biodisponibilidad de las vitaminas por vía intravenosa pueden influir diversos factores: la luz, la adherencia a los sistemas, los componentes de la fórmula de NP, el tipo de sistemas, la velocidad de infusión, etc. En general, se considera que la administración real es inferior a la dosificada; por ello, los aportes diarios recomendados para la administración intravenosa son altos⁶. Sin embargo, no se han descrito intoxicaciones con las dosis recomendadas (tabla 5). Al igual que en el caso de los minerales, las vitaminas suelen aportarse en forma de preparados multivitamínicos. Las fórmulas para neonatos prematuros deben estar exentas de propilenglicol o polisorbato, que se encuentran en muchas formulaciones de adultos⁸.

Calcio, fósforo y magnesio

Las dosis recomendadas⁶ se recogen en la tabla 6. Los requerimientos de calcio y fósforo se consideran de forma conjunta,

TABLA 4**Recomendaciones de oligoelementos en la nutrición parenteral**

Elemento	RNPT	RNT	Resto de edades
Hierro (mg/kg/día)	200	100	100
Cinc (µg/kg/día)	400-500	250 en <3 meses 100 en lactantes >3 meses	50 (máximo 5.000 mg/día)
Cobre (µg/kg/día)	20	20	20 (máximo 300 mg/día)
Selenio (µg/kg/día)	2-3	1-3	1-3 (máximo 30 mg/día)
Cromo (µg/kg/día)	0,2	0,2	0,2 (máximo 5 mg/día)
Manganeso (µg/kg/día)	1	1	1 (máximo 50 mg/día)
Molibdeno (µg/kg/día)	1	0,25	0,25 (máximo 5 mg/día)
Yodo (µg/día)	1	1	1 mg/día

RNPT: recién nacidos pretérmino; RNT recién nacidos a término.
Adaptada de la ESPGHAN, 2005⁶.

ya que en el organismo se encuentran en su mayoría formando parte de compuestos que contienen ambos elementos y guardando una relación concreta entre ellos. La administración intravenosa de calcio está limitada fundamentalmente por su solubilidad. El calcio puede precipitar si se administra junto con sales inorgánicas de fósforo. Hasta cierto punto, esto puede evitarse con la administración conjunta con aminoácidos y glucosa y, sobre todo, utilizando compuestos orgánicos de fósforo, como el glicerofosfato⁹; en este caso, hay que tener en cuenta que se trata de una sal disódica, por lo que para su inclusión en la fórmula de NP, la cantidad de milimoles de sodio prescritos debe ser al menos el doble que la de fósforo.

Es deseable que la relación molar entre los aportes de calcio y fósforo administrados sea de 1:1 a 1,3:1. Por ello, tras el cálculo inicial de ambos basado en el peso del paciente, puede ser necesario hacer alguna modificación para optimizar esta relación. Es importante recordar que la relación es mmol Ca:mmol P, por lo que si la prescripción se realiza en miliequivalentes en lugar de milimoles hay que tener en cuenta el tipo de sal que se utiliza, ya que milimoles no siempre es igual a miliequivalentes. Por ejemplo, el calcio del gluconato cálcico al 10% es divalente (1 mmol = 2 mEq de calcio); si el fósforo utilizado junto con él es monovalente, por cada mEq de calcio habrá que administrar 0,5-0,38 mEq de fósforo para mantener la relación molar entre 1:1 y 1,3:1.

Agua y electrolitos

Los requerimientos hidroelectrolíticos por unidad de masa corporal son muy altos en el periodo neonatal y van disminuyendo

TABLA 5**Recomendaciones de vitaminas en la nutrición parenteral**

Vitaminas	Lactante (dosis por kg/día)	Niño (dosis total por día)
A (µg)	150-300	150
D (µg)	0,8 (32 UI)	10 (400 UI)
E (mg)	2,8-3,5	7
K (µg)	10	200
C (mg)	15-25	80
B ₁ (mg)	0,35-0,5	1,2
B ₂ (mg)	0,15-0,2	1,4
Piridoxina (mg)	0,15-0,2	1
Niacina (mg)	4,0-6,8	17
B ₁₂ (µg)	0,3	1
Ácido pantoténico (mg)	1,0-2	5
Biotina (µg)	5-8	20
Ácido fólico (µg)	56	140

Adaptada de la ESPGHAN, 2005⁶.

TABLA 6**Recomendaciones de calcio, fósforo y magnesio⁶**

	Calcio mg (mmol)/kg	Fósforo mg (mmol)/kg	Magnesio mg (mmol)/kg
0-6 meses	32 (0,8)	14 (0,5)	5 (0,2)
7-12 meses	20 (0,5)	15 (0,5)	4,2 (0,2)
1-13 años	11 (0,2)	6 (0,2)	2,4 (0,1)
14-18 años	7 (0,2)	6 (0,2)	2,4 (0,1)

hasta la edad adulta. Las necesidades individuales de cada niño pueden diferir considerablemente, en determinadas circunstancias, de la recomendación general: deshidratación, pérdidas aumentadas, edema, etc. Hay que recordar siempre que los electrolitos, al igual que otras sustancias, suponen una carga osmolar renal, por lo que el aporte de agua debe ser valorado conjuntamente, sobre todo en niños pequeños y en situaciones en las que la capacidad de concentración se encuentre alterada. La monitorización del peso, el balance hídrico, la excreción fraccionada y el balance de electrolitos, el equilibrio ácido-base y ciertos parámetros, como el BUN y el hematocrito, nos ayudarán a tener un mejor conocimiento y control del estado de hidratación del paciente.

Durante el periodo neonatal, los procesos de adaptación secundarios a la interrupción de la circulación placentaria influyen en el manejo metabólico del agua y los electrolitos, y pueden diferenciarse tres fases: fase I, o de transición (primera semana, aproximadamente), caracterizada por importantes pérdidas insensibles y natriuresis, que suele durar hasta que se alcanza la

TABLA 7.1

Líquidos y electrolitos por vía parenteral en el periodo neonatal (primera semana)⁶

Días de vida	Fluidos recomendados (mL/kg/día)					
	1	2	3	4	5	6
Recién nacido a término	60-120	80-120	100-130	120-150	140-160	140-180
Prematuro >1.500 g	60-80	80-100	100-120	120-150	140-160	140-160
Prematuro <1.500 g	80-90	100-110	100-130	130-150	140-160	160-180
Electrolitos (mmol/kg/día)						
Na ⁺	0-3 (puede requerir hasta 5)					
K ⁺	0-2					
Cl ⁻	0-5					

TABLA 7.2

Líquidos y electrolitos por vía parenteral en el periodo neonatal (fase intermedia)⁶

Peso del RN	Fluidos (mL/kg/día)	Na ⁺ (mmol/kg/día)	K ⁺ (mmol/kg/día)	Cl ⁻ (mmol/kg/día)
RN a término	140-170	2-5	1-3	2-3
>1.500 g	140-160	3-5	1-3	3-5
<1.500 g	140-180	2-3 (5)	1-2	2-3

RN: recién nacido.

máxima pérdida de peso; fase II, o intermedia (aproximadamente entre los días 5 y 15), en la que disminuyen las pérdidas insensibles, el ritmo de diuresis y la excreción de sodio; y fase III, o de crecimiento estable, en la que hay un balance positivo neto de agua y electrolitos y ganancia ponderal continua. Las recomendaciones de la European Society of Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition (ESPGHAN)⁶ para el periodo neonatal se resumen en las tablas 7.1, 7.2 y 7.3.

En lactantes y niños, las necesidades hídricas basales guardan relación con el gasto energético en reposo⁸, y pueden calcularse siguiendo el método de Holliday-Segar¹⁰:

- Peso hasta 10 kg: 100 mL/kg/día.
- Peso de 11-20 kg: 1.000 mL + 50 mL/kg por cada kg por encima de 10.
- Peso >20 kg: 1.500 mL + 20 mL/kg por cada kg por encima de 20.

Las recomendaciones de aporte de sodio y potasio en lactantes y niños se recogen en la tabla 8. Se debe recordar que las recomendaciones para niños son empíricas y pueden precisar ajustes. Tanto para el aporte de agua como para el de electrolitos se debe tener en cuenta la existencia de pérdidas extraordinarias mantenidas y la posible necesidad de reposición de déficits previos.

Otras recomendaciones para el diseño de la formulación

- Las fórmulas de NP son unas mezclas complejas de macro/micronutrientes que pueden incluir hasta 50 componentes.

TABLA 7.3

Líquidos y electrolitos por vía parenteral en el periodo neonatal (fase estable)⁶

	Fluidos (mL/kg/día)	Na ⁺ (mmol/kg/día)	K ⁺ (mmol/kg/día)
RN a término	140-160	2-3	1,5-3
RN pretérmino	140-160	3-5 (7)	2-5

RN: recién nacido.

TABLA 8

Requerimientos de electrolitos en lactantes y niños⁶

	Lactantes	Niños >1 año
Na ⁺ (mmol/kg/día)	2-3	1-3
K (mmol/kg/día)	1-3	1-3

Los errores en la formulación o la modificación de la fórmula *a posteriori* pueden conducir a complicaciones. Por ello, una formulación precisa debe acompañarse de una preparación ordenada que garantice su estabilidad y de una correcta conservación posterior de la bolsa contenedora, evitando alterar su composición una vez preparada. Se recomienda proteger de la luz las mezclas que incluyan lípidos.

- Siempre que sea posible, es recomendable utilizar los tres macronutrientes. Para incluir los lípidos en la bolsa de NP, su concentración debe ser ≥ 10 g/L, con el fin de evitar la desestabilización y rotura de la emulsión lipídica.
- Se debe evitar el aporte excesivo de energía, por lo que es recomendable ajustar cuidadosamente el cálculo en caso de enfermedad basal o intercurrente.

- No es recomendable aportar por vía intravenosa más de 250 g/día de glucosa. En las fases de inicio y retirada de la NP, el proceso se debe hacer de forma progresiva para promover la adaptación metabólica.
- Siempre hay que comprobar que el volumen programado es suficiente para la inclusión estable de todos los componentes y que la osmolaridad de la solución es adecuada a las características de la vía por la que se va a infundir.
- Deben aportarse diariamente todos los micronutrientes (vitaminas y oligoelementos).
- La orden de NP debe contener todos los datos del paciente personales y médicos (diagnóstico y situación clínica) y la formulación expresada de forma clara. También se debe incluir el nombre del médico que indica la NP. Los hospitales deben diseñar esta orden de tratamiento¹¹.

Resumen: 10 pasos para una formulación secuencial

1. Calcular el aporte energético deseable.
2. Calcular el aporte proteico deseable y cuántas calorías supone.
3. Calcular el aporte nitrogenado a partir del aporte proteico.
4. Calcular la cantidad de kilocalorías no proteicas, deduciendo de las kilocalorías totales (punto 1) la cantidad que aportan las proteínas (punto 2).
5. Comprobar que la relación kcal no proteicas/g de N es adecuada y realizar, en caso necesario, los ajustes más convenientes a la situación de paciente.
6. Distribuir las kilocalorías no proteicas (un 60-65% de hidratos de carbono y un 35-40% de lípidos) en la proporción más adecuada para el paciente.
7. Comprobar que se respeta el aporte máximo de glucosa y lípidos recomendado.
8. Calcular los aportes de electrólitos, calcio, fósforo y magnesio. Comprobar la relación molar Ca:P. Comprobar si los aportes de Na y P permiten utilizar una sal orgánica de fósforo.
9. Programar un aporte adecuado de oligoelementos y vitaminas.
10. Calcular el volumen a infundir, teniendo en cuenta:
 - Requerimientos del paciente, que además puede tener otras fuentes de aporte de fluidos.
 - Volumen mínimo necesario. Éste dependerá fundamentalmente del volumen que ocupen los componentes que hemos calculado (proteínas, glucosa, lípidos, etc.), que estará en función de la concentración de los preparados

utilizados: glucosa al 10%, glucosa al 20%, aminoácidos al 10%, etc.

- Osmolaridad de la fórmula, que debe ser adecuada a la vía: 400-700 mOsm/L para la vía periférica y 1.500 mOsm/L para la vía central, aproximadamente. Los aminoácidos aportan 7,8 mOsm/g, la glucosa 5,5 mOsm/g y los lípidos 3 mOsm/g. Para calcular los mOsm aportados por los electrólitos y minerales, puede utilizarse la fórmula: $(Na + K + Ca + Mg) \times 2$.

Bibliografía

1. Moráis López A, Rivero de la Rosa MC, Galera Martínez R, Ros Arnal I, Herrero Álvarez M, Rodríguez Martínez G; grupo GETNI. Cálculo de los requerimientos energético-proteicos para el soporte nutricional en la práctica clínica. *Acta Pediatr Esp*. 2011; 69: 211-216.
2. Alonso Franch M, Castellano G. Conceptos generales de nutrición. Requerimientos nutricionales. En: Muñoz MT, Suárez L, eds. *Manual práctico de nutrición en pediatría*, 1.ª ed. Madrid: Ergon, 2007; 1-11.
3. Schofield WN. Predicting basal metabolic rate, new standards and review of previous work. *Hum Nutr Clin Nutr*. 1985; 39 Supl 1: 5-41.
4. WHO. Human Energy Requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Roma: FAO, 2001. Food and Nutrition Technical Report Series: 1.
5. WHO. Protein and amino acid requirements in human nutrition. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Ginebra: WHO, 2002. WHO Technical Report Series: 935.
6. Koletzko B, Goulet O, Hunt J, Krohn K, Shamir R; Parenteral Nutrition Guidelines Working Group; European Society for Clinical Nutrition and Metabolism; European Society of Paediatric Gastroenterology, Hepatology and Nutrition (ESPGHAN); European Society of Paediatric Research (ESPR). Guidelines on paediatric parenteral nutrition of the ESPGHAN and the European Society for Clinical Nutrition and Metabolism (ESPEN). Supported by the ESPR. *J Pediatr Gastroenterol Nutr*. 2005; 41 Supl 2: 1-87.
7. WHO. Energy and protein requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation. Ginebra: WHO, 1985. WHO Technical Report Series: 724.
8. ASPEN Board of Directors and the Clinical Guidelines Task Force. Guidelines for the use of parenteral and enteral nutrition in adult and pediatric patients. *JPEN*. 2002; 26 Supl A: 1-138.
9. Boullata JI, Gilbert K, Sacks G, Labossiere RJ, Crill C, Goday P, et al. American Society for Parenteral and Enteral Nutrition (ASPEN) clinical guidelines: parenteral nutrition ordering, order review, compounding, labeling, and dispensing. *JPEN*. 2014; 38: 334-77.
10. Holliday MA, Segar WE. The maintenance need for water in parenteral fluid therapy. *Pediatrics*. 1957; 19: 823-832.
11. Boullata JI. Overview of the parenteral nutrition use process. *JPEN*. 2012; 36(2 Supl): 10S-13S.